

## Citation 3

## COMMUNICATION EQUIPMENT AND ITS SYSTEM

Patent number: JP6350566 ✓ (Japanese Patent Appln. Opened No. 350,566/1994)  
 Publication date: 1994-12-22  
 Inventor: DARCIE THOMAS E; FRIGO N J; MAGILL PETER D  
 Applicant: AMERICAN TELEPH & TELEGR CO <ATT>  
 Classification:  
 - international: H04J14/02; H04B10/20  
 - european:  
 Application number: JP19940066445 19940311  
 Priority number(s):

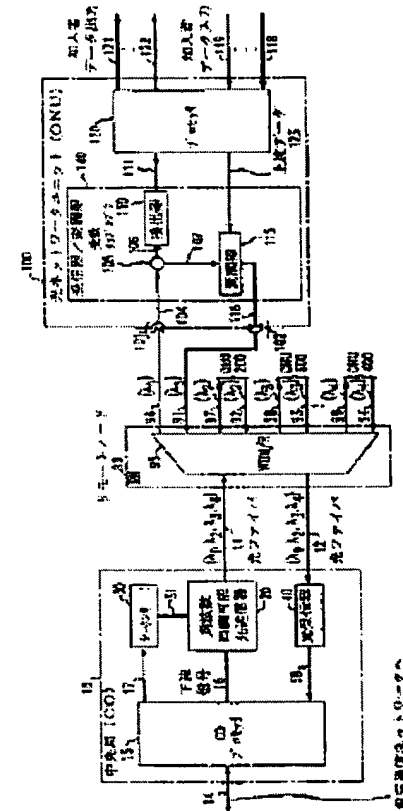
Also published as:

EP0615358 (A)

## Abstract of JP6350566

**PURPOSE:** To realize such a passive optical network system where each optical network unit(ONU) does not need providing the light source of each.

**CONSTITUTION:** The system consists of a central station (CO) 10, a remote node(RN) 90 connected to CO 10 and plural ONU 100 connected to RN. CO 10 transmits an optical signal to subscriber's ONU through a wavelength dividing multiple network. This optical signal is modulated by information to a down stream. A part of this optical signal to the down stream is detected for restoring down stream information by ONU and the remaining part is remodulated by upstream information of ONU and sent back to CO.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-350566

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J 14/02				
H 0 4 B 10/20		9372-5K	H 0 4 B 9/ 00	E
		9372-5K		N

審査請求 未請求 請求項の数30 F D (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平6-66445

(22) 出願日 平成6年(1994)3月11日

(31) 優先権主張番号 0 2 9 7 2 4

(32) 優先日 1993年3月11日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390035493

アメリカン テレフォン アンド テレグラ  
フ カムパニー

AMERICAN TELEPHONE  
AND TELEGRAPH COMPA  
NY

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨ  
ーク ニューヨーク アヴェニュー オブ  
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 トーマス エドワード ダーシー

アメリカ合衆国、07748 ニュージャージ  
ー、ミドルタウン、フェリン コート 11

(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

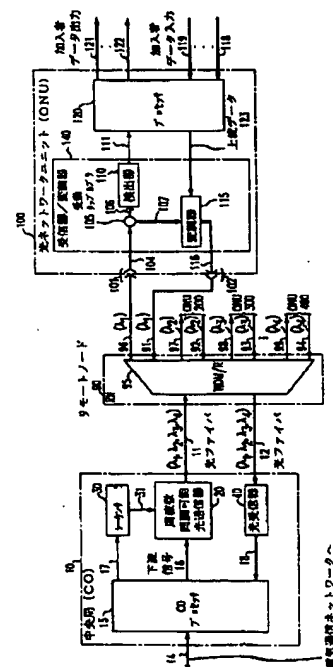
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置および通信システム

(57) 【要約】

【目的】 各光ネットワークユニット (ONU) がそれぞれ光源を有することを必要としないような受動光ネットワークシステムを実現する。

【構成】 システムは、中央局 (CO) 10と、CO 10に接続されたリモートノード (RN) 90と、RNに接続された複数のONU 100とからなる。COは、波長分割多重ネットワークによって光信号を加入者のONUへ送信する。この光信号は下流への情報で変調されている。この下流への光信号の一部が、ONUで下流情報の回復のために検出され、残りの部分はONUの上流情報で再変調されてCOへ返送される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1ポート(101)に接続され、この第1ポートに着信する入力信号に应答して、その入力信号の第1部分から受容信号を導出する第1手段(105、110)と、

受容信号を受信する受信手段(120)と、  
第1ポートに接続され、前記入力信号の第2部分からキャリア信号を導出する第2手段(105)と、  
そのキャリア信号を上流信号で変調して変調された復帰信号を生成する変調手段(115)と、  
その復帰信号を第2ポート(102)に送る手段(116)とからなることを特徴とする通信装置。

【請求項2】 前記受信手段および前記変調手段が単一の物理デバイス(140)であることを特徴とする請求項1の装置。

【請求項3】 第1手段および第2手段は、入力信号のパワーの一部を取得することによって、それぞれ第1部分および第2部分を導出することを特徴とする請求項1の装置。

【請求項4】 第1手段および第2手段は、入力信号の時間セグメントを選択することによってそれぞれ第1部分および第2部分を導出することを特徴とする請求項1の装置。

【請求項5】 第2手段は、入力信号の全周波数帯域より狭い、入力信号の所定の周波数帯域を選択することによって第2部分を導出することを特徴とする請求項1の装置。

【請求項6】 第1手段および第2手段は、入力信号の異なる周波数帯域を選択することによってそれぞれ第1部分および第2部分を導出することを特徴とする請求項1の装置。

【請求項7】 ユニット入力信号を受信する手段と、そのユニット入力信号の一部を上流信号で変調して変調された復帰信号を生成する手段とをそれぞれ有する複数のユニット(100、200、300、400)と、  
前記複数のユニットに分配するために、着信信号を分配して複数のユニット入力信号を生成し、前記複数のユニットの復帰信号を受信して複合復帰信号を生成する波長ルーティング装置(90)とからなることを特徴とする通信システム。

【請求項8】 前記ユニットのうちの少なくともいくつかのユニットは、そのユニットの上流信号に識別情報を組み込む処理手段(120)をさらに有することを特徴とする請求項7のシステム。

【請求項9】 前記ユニット入力信号はそれぞれ前記着信信号の異なるサブバンドを含むことを特徴とする請求項7のシステム。

【請求項10】 前記ユニット入力信号はそれぞれ前記着信信号の異なるサブバンドおよび同報信号の一部を含むことを特徴とする請求項7のシステム。

【請求項11】 前記ユニット入力信号を構成する異なるサブバンドに対応する異なるバンドを占有する合成信号として前記着信信号を生成する手段を含むハブ(10)をさらに有することを特徴とする請求項9のシステム。

【請求項12】 前記ユニットのうちの少なくともいくつかのユニットは、そのユニットの上流信号に識別情報を組み込む処理手段(120)をさらに有することを特徴とする請求項11のシステム。

10 【請求項13】 前記ユニットのうちの少なくともいくつかのユニットは、そのユニットの受信した信号内の識別情報に应答する処理手段(120)をさらに有することを特徴とする請求項11のシステム。

【請求項14】 前記ハブは、前記複合復帰信号に应答する受信器(40)をさらに有することを特徴とする請求項11のシステム。

【請求項15】 前記ハブの受信器は、複数の分離化出力を生成する波長分割デマルチプレクサと、その分離化出力に接続された複数のサブ受信器とからなることを特徴とする請求項14のシステム。

20 【請求項16】 前記ハブの受信器は、前記複合復帰信号に含まれる識別情報に应答することを特徴とする請求項14のシステム。

【請求項17】 前記ハブは、前記着信信号の生成に協働する同調可能発振器(20)をさらに有することを特徴とする請求項11のシステム。

【請求項18】 前記ハブは、前記着信信号の生成に協働する複数の発振器をさらに有することを特徴とする請求項11のシステム。

30 【請求項19】 前記ハブは、所定時間の間反復して活性化し、前記着信信号の生成に協働する複数の発振器をさらに有することを特徴とする請求項11のシステム。

【請求項20】 合成信号として前記着信信号を生成する信号のうちの少なくともいくつかの信号は、変調された信号であることを特徴とする請求項11のシステム。

【請求項21】 前記復帰信号のうちの少なくともいくつかの信号は、情報信号によって変調されたサブキャリアからなる信号であることを特徴とする請求項1の装置。

40 【請求項22】 前記上流信号自体が合成信号であり、構成する信号のうちの少なくともいくつかの信号は多重化された信号であることを特徴とする請求項1の装置。

【請求項23】 前記波長ルーティング装置が波長分割多重化分離化装置(95)であることを特徴とする請求項7のシステム。

【請求項24】 前記波長ルーティング装置が波長ルータであることを特徴とする請求項7のシステム。

50 【請求項25】 前記着信信号を生成し、前記波長ルーティング装置専用である信号源を含むハブをさらに有することを特徴とする請求項7のシステム。

【請求項26】 下流への光パケットを送出することによって加入者からの上流情報信号の送信を制御するハブ手段(10)と、

加入者への光パケットをその光パケットの波長の関数としてルーティングする手段(90)と、

光パケットを受信し、その光パケットの一部を上流信号で変調して前記上流情報信号を生成する端末手段(100)とからなることを特徴とするシステム。

【請求項27】 波長分割多重信号を送出する多重波長光源(20)と、

前記波長分割多重信号を受信して複数のユニット信号を生成するルータ(90)と、

それぞれ前記ユニット信号のうちの1つを受信し、受信したユニット信号の一部を上流信号で変調して変調された復帰信号を生成する、複数のユニット(100、200、300、400)とからなることを特徴とするシステム。

【請求項28】 前記多重波長光源は複数のユニットに対するレーザ光を同時に放出することを特徴とする請求項27のシステム。

【請求項29】 光パケットを受信する手段と、前記光パケットの一部を上流情報信号で変調して上流光信号を生成することにより上流光信号を送信する手段とからなることを特徴とする光ネットワーク用装置。

【請求項30】 少なくとも一部が下流情報で変調された波長分割多重下流信号を生成する光学手段(10)と、

その下流信号をルーティングして複数のユニット信号を生成する手段(90)と、

それぞれ前記ユニット信号のうちの1つを受信し、受信したユニット信号の一部を上流信号で変調して変調された復帰信号を生成する、複数のユニット(100、200、300、400)とからなることを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、受動光通信ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】過去10年間で、光伝送システムは、基幹ネットワークにおいて、および、中央局間において、銅線の伝送システムの機能をますます引き継いできている。しかし、基幹ネットワークで銅線による伝送を光ファイバによる伝送によって置換することは、光ファイバの高い伝送能力の利用の第一歩にすぎない。実際、光ファイバの敷設は、最終的には、ローカルループプラントへとさらに浸透し、広帯域および狭帯域のサービスを直接電話加入者にもたらす可能性がある。

【0003】現在、光ループプラントにおける研究領域の1つは、中央局と加入者の端末装置との間に能動素子

がないような受動光ネットワーク(PON)の使用に関するものである。特に、中央局からのフィードファイバは、下流への光信号をリモートノード(RN)に供給し、このRNは、その光信号を分割していくつかの光ファイバに分配し、これらの光ファイバはそれぞれ光ネットワークユニット(ONU)で終端する。ONUは、受信した光信号を電気的形式に変換し、1つまたは複数の加入者に分配する。一般的に、現在では、光ファイバをローカルループに敷設するための2つのよく知られたPONアーキテクチャが研究中被動光ネットワーク上の電話方式(Telephony over Passive Optical Networks)(TPON)および「受動フォトニックループ(Passive Photonic Loop)(PPL)である。

【0004】TPONアーキテクチャでは、中央局は、時分割多重プロトコルを利用して、下流への光信号を各ONUに供給する。このプロトコルは、一般的に、各ONUに割り当てられた時間スロットにさらに分割されるような情報のフレームからなる。時分割多重光信号を受信すると、各ONUは、割り当てられた時間スロットに含まれている情報を抽出する。その結果、各ONUは、正確に分離化動作を実行することを保証するためには、下流への光信号の送信と同期していなければならない。同様に、各ONUから(RNを通じて)中央局への上流方向には、ONUのレーザの動作は、各ONUが、他のONUのレーザによって送出される光信号と干渉しないようにするために、割り当てられた時間スロット内のみ情報を送信するように同期していなければならない。この上流方向での同期は、ONUの各光信号に関して、各ONUとRNの間の光路長が異なることによる効果によってさらに複雑となっている。

【0005】一方、PPLアーキテクチャは、中央局において、各ONUに固有の波長が割り当てられる点でTPONアーキテクチャとは異なる。この波長は、下流方向での分離およびルーティングの基礎となる。中央局は、いくつかのレーザからの光出力を「波長分割多重化」することによって下流への伝送のための光信号を形成する。各レーザは、割り当てる波長のうちの1つで光を送出する。この波長分割多重光信号はRNによって受信され、RNで各光信号に分離化され、各光信号は対応するONUへルーティングされる。上流方向では、このPPLアーキテクチャには2種類のものがある。第1のものでは、各ONUは、下流方向の伝送と同様に、それぞれの割り当てられた波長で光信号を送出するレーザからなる。第2のものでは、各ONUに固有の波長のレーザを備える代わりに、各ONUは共通の波長帯域のレーザからなる。その結果、この第2の方式では、上流方向の伝送は上記のTPON法と同様であり、各ONUのレーザの同期が、時分割多重アクセスプロトコルとともに要求される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、TPO NおよびPPLのいずれのアーキテクチャも、中央局への上流方向の情報の送信のためにONU内に光源を必要とする。その結果、これらの光ネットワークはそれぞれONUの光源のタイミングまたは波長を正確に制御することが可能でなければならない。従って、中央局およびONUの両方に監視およびタイミングの機能が存在することになり、これによって、ネットワークの故障に対する脆弱性が増大し追加の装置および保守の費用が必要となる。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、各ONUがそれぞれ光源を有することを必要としないような受動光ネットワークアーキテクチャのクラスが開示される。この新しいネットワークアーキテクチャでは、ONU受信器ユニットは波長によってアドレスされ、中央局からONUによって受信される光の一部は再使用、すなわち、再変調されて、中央局へ情報を返送する。

【0008】本発明の実施例では、中央局は、波長分割多重ネットワークによって光信号を加入者のONUへ送信する。この光信号は下流への情報で変調されている。この下流への光信号の一部が、ONUで下流情報の回復のために検出され、残りの部分はONUの上流情報で再変調されて中央局へ返送される。換言すれば、実質的に、中央局は下流光信号によって各ONUに質問し、これによって各ONUはそれぞれの上流情報を送信する。

【0009】本発明の1つの特徴は、ONUから分離された、すなわち、ONUとは独立の、時分割多重プロトコルが使用可能であることである。その結果、ONUは、その時分割多重プロトコルに関する事前に定義された情報をなんら有する必要がない。このことは、中央局が帯域幅のようなシステム資源を割り当てる際の柔軟性を増大させる。中央局(CO)のレーザの数を増加させることによって、システム帯域幅は、将来の需要を満たすように、N個のONUを1つのレーザでまかなう状態からN個のONUをN個のレーザでまかなう状態まで、徐々に系統的に改善することが可能である。

【0010】本発明のもう1つの特徴は、伝送される光信号のサブキャリア変調の使用により、上流光信号の光路遅延の効果を軽減し、ONUおよび中央局における信号のルーティングが可能となることである。

【0011】ONUからの光源の除去によって、保守においていくつかの重要な利点がある。例えば、ONUレーザが存在しないため、ONUレーザの波長の調整や安定化の必要がない。ONUのための光源は中央局にあるため、それはすでに安定化されている。その結果、すべての監視およびタイミング機能は中央局内にのみ存在し、波長分割多重システムの理論効率を維持するため、ネットワークの脆弱性および費用は大幅に削減される。

さらに、本発明によれば、中央局は高度な故障検出を実行することができる。例えば、実施例では、中央局のレーザから中央局の光受信器までの閉じた光回路が実質的に存在する。これによって中央局は光ループ全体にアクセスすることができる。

## 【0012】

【実施例】図1のブロック図は、本発明の原理による光ファイバ通信ネットワークを示している。この光ローカルループは、ローカルディジタル交換機すなわちハブである中央局(CO)10と、RN90と、いくつかの離れた端末であるONU(ONU100、ONU200、ONU300およびONU400)とを有する。この例の目的のため、各ONUは異なる機能を有しても良いが、すべてのONUすなわち端点の設計は本質的に同一であると仮定する。従って、ONU100のみを詳細に示している。一般に、CO10は光ファイバ11によって下流光信号をRN90へ送る。RN90は、CO10と光学的に結合されたいくつかのリモートノードのうちの1つを代表するものである。RN90内で、この下流光信号は分割され、例えば光ファイバ96を通じてONU100へ、などというように、ONUに送られる。図1に示したように、各ONUは、それぞれの信号を多重化または分離化することによって、いくつかの加入者すなわち顧客にサービスを提供することも可能である。しかし、この説明の目的のため、ONUごとに加入者は1つと仮定し、これは加入者データ出力121および加入者データ入力119によって表されている。次に上流方向については、RN90は光ファイバを通じて各ONUから、例えば、光ファイバ91を通じてONU100からなどというように、光信号を受信する。次に、RN90は各ONUからの光信号を組み合わせ、光ファイバ12を通じてCO10へ単一の上流光信号を送る。以下で説明する本発明の概念を除いては、CO10は従来(および将来の高度な配信システム)と同様に機能し、音声サービスおよびデータサービス(例えばビデオなど)を各ONUに対応する各加入者に提供すると仮定する。例えば、CO10は、被呼者(例えばONU100の加入者)と発呼者(ファシリティ14を通じてCO10にアクセスする)との間の通常旧式電話サービス(POTS)のデジタル版を提供することができる。ファシリティ14は、任意の数のファシリティを代表しており、例えば、電気通信ネットワーク(図示せず)にCO10を接続する局間トランクである。同様に、データサービスは、ONU100の加入者の端末装置とコンピュータシステム(図示せず)との間での単純なデータ接続を提供することから、ONU100の加入者にビデオまたはマルチメディアサービスを提供することまで可能である。

【0013】図1に示したように、CO10は、COプロセッサ15、周波数同調可能光送信器20、シーケン

サ30および光受信器40からなる。COプロセッサ15は、パス16を通じて下流信号を送出する。この下流信号は、各ONUに対する情報のデジタル符号化表現（例えば、2進数の「1」と「0」のシーケンス）であると仮定する。このデジタル符号化情報は、音声信号、ビデオ信号、シグナリングなどの表現を含む。周波数同調可能光送信器20は、「周波数同調可能レーザ」からなる。このレーザは、ビー・グランス(B. Glance)他、「WDMに基づくパケット交換アプリケーションのための別々に同調されたN周波数レーザ」、Electron. Lett.、第27巻第1381~1383ページ(1991年)に記載されたものと同様の機能を有する。特に、周波数同調可能光送信器20は、いくつかの相異なる光波長で本質的に単一モード動作を行うことができる。RN90と光学的に結合された各ONUは、RN90の動作(後述)に従って、これらの光波長のうちの1つに対応する。換言すれば、ONU100の加入者に対する情報は、波長 $\lambda_1$ の光信号で光送信器20によって送信される。この例の目的のため、ただ1つの波長(例えば $\lambda_1$ )が各ONUごとに使用されるが、波長の「セット」(例えば $\lambda_{11}$ )すなわち集合を各ONUに対して同様に定義することも可能である。例えば、これによって、相異なる波長に相異なるサービスまたは相異なる加入者を対応させることが可能となる。同様に、ONU200宛の情報は、波長 $\lambda_2$ の光信号によって伝達される。COプロセッサ15は、パス16を通じて光送信器20への各ONU情報の送出手、シーケンサ30に制御信号を送るパス17による特定の波長の選択との両方を同期させる。シーケンサ30は、図2のONU波長割当を記憶している。この同期の結果、COプロセッサ15は、下流光信号が時分割波長分割多重信号を表すように下流信号をフォーマットする。この信号の例を図3に示す。この特定の時分割多重信号は、時間フレーム $t_f$ からなる。時間フレーム $t_f$ は、いくつかの時間スロット $t_i$ からなる。各時間スロットは特定の波長に対応する。この特定の例では、各時間スロットは情報の「パケット」を各ONUに送信するために使用されているが、他の効果的方法(例えばビットインタリーブ)も使用可能である。COプロセッサ15は、シーケンサ30が各時間スロットの間に波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、などを反復して切り換えるように、パス17を通じてシーケンサ30を制御する。例えば、時間スロット $t_1$ の間、COプロセッサ15はONU100に対する情報を周波数同調可能光送信器20に送る。同時に、シーケンサ30は、周波数同調可能光送信器20が波長 $\lambda_1$ を有する光信号を送信するように、周波数同調可能光送信器20を制御する。その結果、周波数同調可能光送信器20は、波長 $\lambda_1$ の光信号にONU100に対する情報を乗せる。他のONUに対するパケット(あるいはビット)はそれぞれの異なる波長で他の時間スロット中に同様に送信される。これによって、

それぞれ相異なる波長を有し、下流情報信号によって変調されたいくつかの光信号からなる下流光ビームが得られる。

【0014】他の変調方式も可能であるが、周波数同調可能光送信器20は、各ONUへの情報を光信号に乗せるための変調方式として、例示的に、強度変調を使用する。この1つの可能な表現を、光ファイバ11に送られる下流光信号に対して図4に示す。上記のように、パス16によって供給される下流信号はデジタル符号化された「1」と「0」のシーケンスである。この例では、周波数同調可能光送信器20は、正規化光パワー1.0に「1」を割り当て、それより低い光パワー(例えば0.8)に「0」を割り当てる。これは「浅い変調深度」として知られている。時間スロット $t_1 \sim t_3$ の代表的な送信デジタルシーケンスを図4に示してある。注意すべきことであるが、各時間スロットに送信される変調速度、すなわち、毎秒のビット数Bは、フォーマットと同様に、各ONUに対して変化する(マルチレベルなど)。このことも図4に示されている。時間スロット $t_2$ 中のONU200に対する変調速度 $B_2$ は、ONU100およびONU300のそれぞれに対する変調速度 $B_1$ および $B_3$ よりも低い。同様に、ONU300に対する変調速度 $B_3$ は、ONU100またはONU200に対する変調速度より高い。

【0015】CO10から送信された光信号はRN90によって受信される。この例におけるRN90は、波長分割マルチプレクサ/ルータ(WDM/R)95からなる。WDM/Rの例は、シー・ドラゴン(C. Dragone)、「2個のスターカプラの平面配置を使用したN×N光マルチプレクサ」、IEEE Phot. Technol. Lett.、第3巻第812~815ページ(1991年)、および、シー・ドラゴン、シー・エー・エドワーズ(C. A. Edwards)、アール・シー・キストラー(R. C. Kistler)、「シリコン上の集積光学N×Nマルチプレクサ」、IEEE Phot. Technol. Lett.、第3巻第896~899ページ(1991年)、に記載されている。上記のように、光ファイバ11を通じてWDM/R95に送られる入射光は、いくつかの波長からなる波長分割多重光信号である。WDM/R95の1つの特性は、光を、波長の関数として、入力ポートから特定の出力ポートへ、および、その逆へ、ルーティングすることである。例えば、光ファイバ11を通じて送られた波長 $\lambda_1$ の光は、ONU100への送信用の光ファイバ96にルーティングされる。同様に、波長 $\lambda_2$ の光は、光ファイバ97に接続されたWDM/R95のポートにルーティングされる。他も同様である。換言すれば、WDM/R95は波長によって各ONUをアドレスする。さらに、WDM/R95は、線形性および相反性を有するため、すべての光路は逆にすることができる。例えば、光ファイバ96を通じて $\lambda_1$ の光をWDM/R95に送れば、光ファイバ11

ヘルレーティングされる。しかし、アプリケーションによっては、上流および下流の光信号を分離することが有利であるため、WDM/R95は、光ファイバ91~94および12によって表されているような上流伝送用の第2のポートのセットを有するように構成可能であるという点で、標準的なWDMとは異なる。光ファイバ91~94を通じてWDM/R95に加えられる適当な別々の波長からなる光は、CO10への伝送用の光ファイバ12ヘルレーティングされ、これによって、上流の波長分割多重信号が生成される。このようにして、WDM/R95は、デマルチプレクサおよび波長一致マルチプレクサの両方として動作し、これによって、光周波数に基づいて光信号を混合および分類することが可能となる。これはN×Nデバイスであるが、この特定例では、2×Nのポートのみが使用される。さらに高度なネットワーク（例えば局間ネットワークなど）はさらに多くの「入力」ポートを使用することによって実現可能である。

【0016】上記のように、WDM/R95は、光ファイバ11を通じて送られた波長分割多重信号を分離し、別個の波長からなる各光信号をONUへの下流伝送用の特定の光ファイバ（例えば、ONU100への光ファイバ96）ヘルレーティングする。この実施例では、ONU100は受信器/変調器140で光を受信する。受信器/変調器140は、受動タップカプラ105（スイッチでも可）、検出器110、および変調器115からなる。受動タップカプラ105は、入射光を、光路106および107に送るために、異なる強度レベルの2つの信号に分割する。特に、「低強度」光信号は光路106に送られ、「高強度」光信号は光路107に送られる。低強度光信号は、例えば、RN90から受信した光のうちの20%であり、高強度光信号は、RN90から受信した光のうちの残りの80%である。光路106は、低強度光信号を光検出器110に送る。ここで、光信号は検出され、パス111への電気信号に変換される。パス111上の電気信号は、CO10によってONU100へ送信された下流情報の部分を表す。パス111はこの電気信号をプロセッサ120に送る。プロセッサ120は、この信号をさらに調整し処理して、パス121を通じて、それぞれの下流情報を表す加入者「データ出力」信号を送出する。

【0017】本発明の原理によれば、ONU100に着信した光のうちの残りの部分はCO10への「ループバック」に入り、受動タップカプラ105によって光変調器115に送られる。光変調器115は、上流情報の強度変調を実行する。CO10の場合と同様に、プロセッサ120は、パス119を通じて加入者情報を表す加入者「データ入力」信号を受信し、この情報を表すデジタル符号化上流信号をパス123に送る。この上流情報は、パス111上の信号の存在によって決定される適当な瞬間にプロセッサ120によって放出される。光路1

07によって供給される光信号は、この上流情報の光キャリアとなる。この例では、光変調器115は、「深い変調深度」によってこの光キャリアを上流情報で強度変調する。このことは、時間スロットt1中に送信された代表的な上流デジタルシーケンスに対して図5に示されている。図5からわかるように、下流光信号が変調器115を効果的にサンプリングして上流光信号を生成している。光変調器115によって送出されるこの上流光信号は、例えば正規化強度レベル1.0および0.8

（「1」を表す）と、ほぼ0（「0」を表す）との間で変化する。下流光信号について上記で説明したのと同様に、注意すべきことであるが、各時間スロットに上流方向に送信される変調速度、すなわち、毎秒のビット数Bは、各ONUごとに変わることが可能である。上流光信号は、光変調器115から、光路116、ポート102、および光ファイバ91を通じてRN90へ送られる。さらに、注意すべきことであるが、プロセッサ120は、下流信号に含まれる識別情報にตอบสนองすることも可能であり、また、ONU100または加入者を識別する識別情報を上流信号に追加することも可能である。

【0018】上記のように、RN90は、各ONUからの上流光信号を受信し、WDM/R95によってそれらを波長分割多重化して、光ファイバ12を通じて波長分割多重光信号をCO10に送る。波長分割多重光信号の例を図6に示す。CO10の光受信器40は、上流光信号を検出し、それに対応する電気信号に変換し、パス18を通じてCOプロセッサ15に送る。光受信器40におけるバケットまたはビットの衝突が生じうことは当面無視すると、COプロセッサ15は、この電気信号を処理し、それぞれの上流加入者情報を分類して適当な宛先ヘルレーティングする。

【0019】各ONUからRN90への光ファイバの光路長はおそらく異なるため、図6には、バケットフォーマットが使用される場合に、ONU100、ONU200およびONU300の上流光信号に対する相異なる光路長の影響も示されている。図6に示されているように、ONU200およびONU300から受信した上流光信号は、異なる光路長によって（ONU100に対して）異なる時間だけシフトされており、その結果、時間の重畳が起こる可能性がある。この重畳は、CO10の光受信器40におけるバケット衝突を引き起こす。このようなバケット衝突はいくつかの方法で回避することができる。

【0020】このバケット衝突を回避する1つの方法は、COプロセッサ15が、下流情報の送信前に、さまざまな時間遅延を考慮することである。そのような方法の例を図7に示す。ステップ605から開始する。時間フレームtfの長さは事前に既知と仮定する。この例では、 $t_f = 125 \mu\text{sec}$ （例えばSONETの場合）と仮定する。上記のように、各フレーム中に、下流情報

の packets は各 ONU へ送信される。その結果、各時間スロットのサイズは単に  $t_f/N$  に等しい。ただし、 $N$  は ONU の数である。例えば、ONU 100、ONU 200、ONU 300 および ONU 400 が 16 個の ONU を代表している場合、16 個の情報 packets が各時間フレーム中に存在し、各 packet はそれぞれ約  $8 \mu\text{sec}$  の時間スロットで送信される。ステップ 610 で、CO プロセッサ 15 は、加入者情報の下流送信をする前に、16 個の各 ONU に対する光路長あるいは時間遅延  $\Delta_i$  を決定する。この時間遅延は、周知の測定法のうち

のいずれかを使用することによって決定される。ステップ \*

$$t_{mf} = t_f - \Delta_{total} = 125 \mu\text{sec} - 35 \mu\text{sec} = 90 \mu\text{sec} \quad (2)$$

次に、CO プロセッサ 15 は、ステップ 615 で、各修正時間スロットのサイズを決定する。これは  $t_{mf}/N$  に等しい。 $N=16$  の場合、各情報 packets は  $5.62 \mu\text{sec}$  の時間スロットに圧縮されることになる。ステップ 630 で、CO プロセッサ 15 は、時間遅延  $\Delta_i$  の関数として各修正時間スロットを ONU に割り当てる。最も近い ONU に第 1 の修正時間スロットを割り当てる。等距離の ONU の場合、いずれを先に選択してもよい。次に、CO プロセッサ 15 は、上記のように、各 ONU の情報を対応する時間スロット中に順次送信する。時間フレームの圧縮、および、RN 90 からの光路長の増大順による ONU への時間スロットの割当の順序づけの結果、上流情報からなる時間フレームは図 8 に示すように CO プロセッサ 15 に現れる。図 8 に表されているように、ONU 100 が最も近く、ONU 200 および 300 は等距離であり、その後が ONU 400 である。図 8 からわかるように、処理時間  $\delta_i$  が、この受信した時間フレームにわたって分配されている。各処理時間  $\delta_i$  は、ある packets の終点と、もう 1 つの packets の始点との間の差に等しい。例えば、 $\delta_i$  は packets 1 の終了と packets 2 の到着との間の時間に等しい。その結果、復帰する光信号は各 packets 間に効果的に待ち時間を有することになり、この待ち時間の総和は  $\Delta_{total}$  によって制限される。注意すべきことだが、この方式は、各時間フレームで待ち時間を許容する結果、システムに非効率性も導入している。

【0021】 packets 衝突を回避するもう 1 つの方法は、各時間フレームで packets をサブキャリア変調することである。これを図 9 に示す。図 1 と図 9 の相違点は、CO 10 の電圧制御発振器 (VCO) 50、乗算器 55、および RF フィルタバンク 45 のみである。パス 16 の下流信号は、乗算器 55 によっていくつかの周波数  $f_i$  のうちの 1 つでサブキャリア変調される。各周波数は、波長の割当と同様にして ONU に一意的に関係づけられている。換言すれば、下流信号は、ベースバンド周波数から、 $f_i$  を中心とする無線周波数 (RF) 帯域にシフトされる。シーケンサ 30 は、周波数同調可能光送信器 20 に通知して光送信器の波長を変化させるのと

\* プ 615 で、全時間遅延  $\Delta_{total}$  が、ネットワークの物理長によって決定される。図 1 のネットワークの物理長は、TPON ネットワークの場合と同様であって、3.6 キロメートルであると仮定する。これによって、 $\Delta_{total}$  の値は約  $35 \mu\text{sec}$  となる。この全時間遅延から、各時間フレームに待ち時間を入れることによって、修正フレームが生成される。ただし、この待ち時間は  $\Delta_{total}$  に等しい。この例では、 $\Delta_{total} = 35 \mu\text{sec}$  の場合、修正フレームの時間の長さ  $t_{mf}$  は次式のように

同時に、VCO 50 の周波数を変化させる。その結果、周波数同調可能光送信器 20 は、それぞれ特定の周波数  $f_i$  での RF パーストでその光出力を変調する。各 RF パーストの振幅は、図 1 の「ベースバンド」表示と同様に「0」および「1」を表す。下流光信号の送信ならびに RN 90 および ONU 100 の動作は、上記の図 1 の場合と同様である。

【0022】各 ONU を通って往復してきた後、受信される光信号は光受信器 40 によって検出される。光受信器 40 は、相異なる周波数で変調された複数の RF パーストからなる電気信号をパス 41 に送る。この電気信号は RF フィルタバンク 45 に送られる。RF フィルタバンク 45 は、シーケンサ 30 によって選択される VCO 50 の周波数設定の数と等しい数の RF フィルタからなる。個々の RF フィルタは、光受信器 40 の出力の電気信号内にその RF フィルタの通過帯域内にある RF 信号が存在するときのみ出力を発生する。各 RF フィルタの出力は CO プロセッサ 15 に送られる。最終的な効果は、中央局の単一の光受信器が、安価であることを別にして、専用 WDM 受信器のバンクのように見えることである。これはさらに、中央局にルーティングの柔軟性を提供する。例えば、ONU サブキャリア割当の単なる変更により、受信される ONU 上流データは、個々の ONU または加入者によって必要とされる知識なしに、ある出力パス (例えばパス 71) から他の出力パス (例えばパス 73) に効果的に切り替わる。また、これは、ONU への異なる情報ストリームを符号化するために使用することも可能である。これらのことは、TDM システムにおける時間スロット相互交換器と同種の機能を実現するために使用することも可能である。

【0023】上記の本発明の概念の説明から、注意すべきことであるが、ONU が時間フレーム内に「何らかの」時間スロットを有することは重要であるが、どの時間スロットが使用されているかということに関する詳細はいずれの ONU にも関係がない。換言すれば、ONU は、光信号を検出するまで送信を行わないため、その ONU は中央局によって使用されている時分割多重プロトコルに関する知識を事前に有する必要がない。その結



果、この時分割多重フォーマットは、ONUに割り当てられる時間の量に関しても、中央局によってONUに送信される順序に関しても、ONU装置への変更を必要とせずに、どのようにも変更可能である。これによって、CO10とONUの同期の必要がなくなり、CO10が「要求に応じた帯域幅」を提供することが可能となる。例えば、CO10において、各時間フレーム内の時間スロットの持続時間の配置は、呼設定時の要求に応じて、追加の帯域幅に対する需要を満足するように取り扱うことができる。ONU100が追加の帯域幅が必要であると通知し、ONU200が使用中でない場合、中央局のレーザがONU100に対する波長で送信する時間の長さはONU200に割り当てられている時間スロットを使用することによって倍加することができる。この種のスロットの再配置は、ネットワーク同期方式の再計算および再配置を必要とせず、すべてのONUは起こっていることに関知しない。

【0024】本発明の概念のもう1つの実施例を、単一ファイバアーキテクチャを示した図10に示す。このアーキテクチャでは、光ファイバ711、791、792、793および794は双方向性である。CO10、RN90、およびONU100の動作は、以下の相違点を除いては図1に関して上記で説明したのと同様である。この単一ファイバアーキテクチャでは、CO10は光カプラ710をさらに有する。光カプラ710は、下流方向では、周波数同調可能光送信器20から光ファイバ711に光信号を送り、上流方向では、上流光信号を光受信器40に送る。光ファイバ711によって伝送される下流光信号はRN90に送られる。RN90は、入射光を、その波長の関数として双方向光ファイバ791、792、793、および794へルーティングする。これらの各光ファイバの光信号はそれぞれONU100、200、300および400によって受信される。これは単一ファイバアーキテクチャであるため、図1のONU100の光変調器115は光ミラー/変調器750によって置き換えられている。光ミラー/変調器750は、上記のように下流光信号の一部の「深い変調」を実行するだけでなく、下流光信号をCO10のほうへ反射して戻すことにより、光ファイバ791に上流光信号を送る。この上流光信号は、上記のWDM/R790の相反性の結果として、他のONU200、300および400からの上流光信号と波長分割多重化される。この上流波長分割多重光信号は、光ファイバ711および光カプラ710を通じてCO10の光受信器40に送られる。認識すべきことであるが、一般に当業者には周知のようにカプラ105は実際には4ポートデバイスであり、それらのポートのうちの1つは使用されない。しかし、この未使用ポートは、上流光ファイバへの上流反射光を結合するために使用することも可能である。

【0025】単一ファイバアーキテクチャにおける潜在的に重大な問題は、後方散乱光の問題である。1つの可能な解決法は、ONU内で波長シフタを使用し、RNと中央局の間にもう1つの光ファイバを設けることである。これを図11に示す。図10のミラー/変調器750は波長シフタ/変調器850によって置き換えられ、図10の光カプラ710は削除され、上流光ファイバ12は上記のようにRN90をCO10に結合している。波長シフタ/変調器850は、異なる波長 $\lambda_1 + \Delta\lambda$ で異なり光信号を送出する。次に、この異なる光信号は、双方向光ファイバ791を通じてRN90に返送される。RN90は、この反射光を、光ファイバ12を通じてWDM/R890を介してCO10へルーティングする。波長シフタ/変調器850およびRN90とCO10の間の追加の光ファイバの使用によって、下流光信号に伴う後方散乱が回避される。

【0026】最後に、図12に、同報動作モードを含む本発明の概念のもう1つの実施例を示す。図1と図12の相違点は、WDM/R/B990、および、同報情報源の例であるCATVヘッドエンド980のみである。CATVヘッドエンド980は、バス981を通じてWDM/R/Bへ信号を送る。この信号は、同報機能を組み込んだWDM/R/B990によって全ONUへ同報される。特に、信号は、WDM/R/B990によって各ONUへ本質的に等分配される。WDM/R/Bの例は、米国特許出願第07/806,561号（発明者：エル・ジー・コーエン(L. G. Cohen)、出願日：1992年3月25日）に記載されている。

【0027】以上は、単に本発明の原理を例示するものであり、さまざまな変形例が可能である。例えば、ここでは本発明は別々の機能構成ブロック（例えばシーケンサ30など）で実現されるものとして説明したが、それらの構成ブロックの機能は適当にプログラムされたプロセッサを使用して実行することができる。また、上記の別個の機能を提供するために要素を集積することも可能である。例えば、受信器/変調器140は、集積デバイスとすることが可能であり、スプリッタ（受動タップカプラ）105を必要としないこともあり得る。さらに、各図の要素を組み合わせることも可能である。例えば、サブキャリア変調を図9、図10、図11および図12の光ネットワークで使用することも可能である。COからRNへのファイバは1本または2本とすることが可能である。RN内では、WDM、WDM/R、もしくはWDM/R/Bまたは同様のデバイスを使用可能である。RNからONUへのファイバは1本または2本とすることが可能である。端末装置は信号をループバックすることも反射することも可能であり、サブキャリア変調(SCM)を上流方向もしくは下流方向または両方向で使用する事が可能である。

【0028】本発明の概念は、いくつかの改善された保

守の利益を提供する。例えば、光時間領域反射率計測（OTDR）の分野では、CO10にあるOTDRシステムは相異なる波長で光を発生することによって、ONU装置を含む光ループを試験することができる。この光は、WDM/Rによって各ONUへルーティングされる。WDM/Rの特性を使用して、内在的でないモニタリングが実行可能である。さらに、下流光信号は最終的にCO10に戻ってくるため、CO10は内在的にシステム状態をモニタリングしている。

【0029】また、サブキャリア変調は、単にサブキャリア周波数のわずかな変化を行うことによって、ONU内でもスイッチングを実行することが可能である。これによって、下流方向で、サブキャリア周波数をわずかに変化させることによりプロセッサ120に送られる情報をルーティングする一方、RFフィルタバンク45内のそれぞれの適当な通過帯域にとどまることが可能となる。

【0030】WDM/Rのようなデバイスを使用することにより、この光ネットワークの変形がさらに可能である。例えば、CO10内でWDMまたはWDM/Rを使用して、上流複合光信号をいくつかの別々の光検出器へと分離化することにより、パケット衝突の影響をさらに軽減し、全スループットを増大させることができる。さらに、WDM、二色性ミラー、またはWDM/RのようなフィルタリングデバイスをONU内で使用して、さまざまな端末点へ情報をさらにルーティングすることができる。このモードでは、N×N光マルチプレクサに関する上記の従来技術に開示されているようなWDM/Rの周期性により、RNのWDM/Rは、波長の「セット」からなる光信号を特定のONUへ送ることにより「粗い」ルーティング作用を実行することができる。その後このONUは、それ自体のフィルタリングデバイスを使用して、下流光信号をそのセットから個々の波長へとさらに分離化することにより「精細」ルーティング作用を実行する。

【0031】さらに、CO10における単一の同調可能送信器の代わりに、中央局において複数の光源（例えばレーザ）を使用して、各ONUの波長セットで光信号を送出することが可能である。これは、時間領域における非効率性を解消する。また、強度変調以外の変調方式も使用可能である。すなわち、変調周波数、符号化などのようにフォーマットの異なるもの、振幅変調、周波数シフトキーイングなどのように方法の異なるもの、および、時間フレームの一部を上流情報専用とし、一部を下流情報専用とする「ピンポン」方式のように時間について異なるもの、が可能である。例えば、図6は、時間スロット3に対応するマルチレベルQAM信号を示している。ONUも異なる変調フォーマットで下流光信号を再変調する必要はない。例えば、ONUは下流光信号を処理して下流変調フォーマットを除去した後、その下流変

調フォーマットを含む任意の方法でその下流光信号を再変調することが可能である。

【0032】最後に、本発明の概念は、光ローカルループに関して説明したが、局間ネットワークのような光ネットワークの他のアプリケーションにも適用可能であり、移動（セルラ）電気通信システムとともに使用することも可能である。

#### 【0033】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、各ONUがそれぞれ光源を有することを必要としないような受動光ネットワークアーキテクチャが実現される。本発明の1つの特徴によれば、ONUとは独立の時分割多重プロトコルが使用可能である。その結果、ONUは、その時分割多重プロトコルに関する事前に定義された情報をなんら有する必要がない。このことは、中央局が帯域幅のようなシステム資源を割り当てる際の柔軟性を増大させる。中央局（CO）のレーザの数を増加させることによって、システム帯域幅は、将来の需要を満たすように、N個のONUを1つのレーザでまかなう状態からN個のONUをN個のレーザでまかなう状態まで、徐々に系統的に改善することが可能である。本発明のもう1つの特徴によれば、伝送される光信号のサブキャリア変調の使用により、上流光信号の光路遅延の効果を軽減し、ONUおよび中央局における信号のルーティングが可能となる。

【0034】ONUからの光源の除去によって、保守においていくつかの重要な利点がある。例えば、ONUレーザが存在しないため、ONUレーザの波長の調整や安定化の必要がない。ONUのための光源は中央局にあるため、それはすでに安定化されている。その結果、すべての監視およびタイミング機能は中央局内にのみ存在し、波長分割多重システムの理論効率を維持するため、ネットワークの脆弱性および費用は大幅に削減される。さらに、本発明によれば、中央局は高度な故障検出を実行することができる。例えば、実施例では、中央局のレーザから中央局の光受信器までの閉じた光回路が実質的に存在する。これによって中央局は光ループ全体にアクセスすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理による受動光通信システムのブロック図である。

【図2】図1の各ONUへの光波長の代表的割当を示す図である。

【図3】図1のシーケンサ30で使用される異なる光波長の階段状順序づけの例の図である。

【図4】図1のCO10の送信光信号の図である。

【図5】ONU100の送信光信号の図である。

【図6】RN90の送信光信号の図である。

【図7】図1の光通信システムで各ONUに対する異なる光路長を補償する代表的方法の流れ図である。

17

【図8】図1の光通信システムで使用される、いくつかのガードバンドを有する受信時間フレームの図である。

【図9】図1の中央局でサブキャリア変調を使用した本発明のもう1つの実施例の図である。

【図10】ミラー／変調器を含む単一ファイバアーキテクチャを示す本発明のもう1つの実施例の図である。

【図11】波長シフタを含む単一ファイバアーキテクチャを示す本発明のもう1つの実施例の図である。

【図12】同報動作モードを示す本発明のもう1つの実施例の図である。

## 【符号の説明】

- 10 中央局 (CO)  
 11 光ファイバ  
 12 光ファイバ  
 14 ファシリティ  
 15 COプロセッサ  
 20 周波数同調可能光送信器  
 30 シーケンサ  
 40 光受信器  
 45 RFフィルタバンク  
 50 電圧制御発振器 (VCO)  
 55 乗算器  
 90 リモートノード (RN)  
 91 光ファイバ  
 95 波長分割マルチプレクサ／ルータ (WDM／

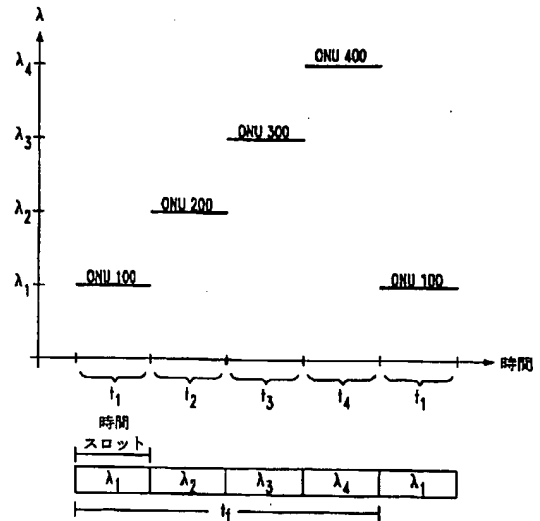
18

- R)  
 96 光ファイバ  
 97 光ファイバ  
 100 光ネットワークユニット (ONU)  
 105 受動タップカプラ  
 110 検出器  
 115 変調器  
 119 加入者データ入力  
 120 プロセッサ  
 10 121 加入者データ出力  
 140 受信器／変調器  
 200 ONU  
 300 ONU  
 400 ONU  
 710 光カプラ  
 711 光ファイバ  
 750 光ミラー／変調器  
 791 光ファイバ  
 792 光ファイバ  
 20 793 光ファイバ  
 794 光ファイバ  
 850 波長シフタ／変調器  
 890 WDM／R  
 980 CATVヘッドエンド  
 990 WDM／R／B

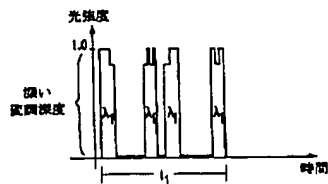
【図2】

波長	ONU
$\lambda_1$	ONU 100
$\lambda_2$	ONU 200
$\lambda_3$	ONU 300
$\lambda_4$	ONU 400

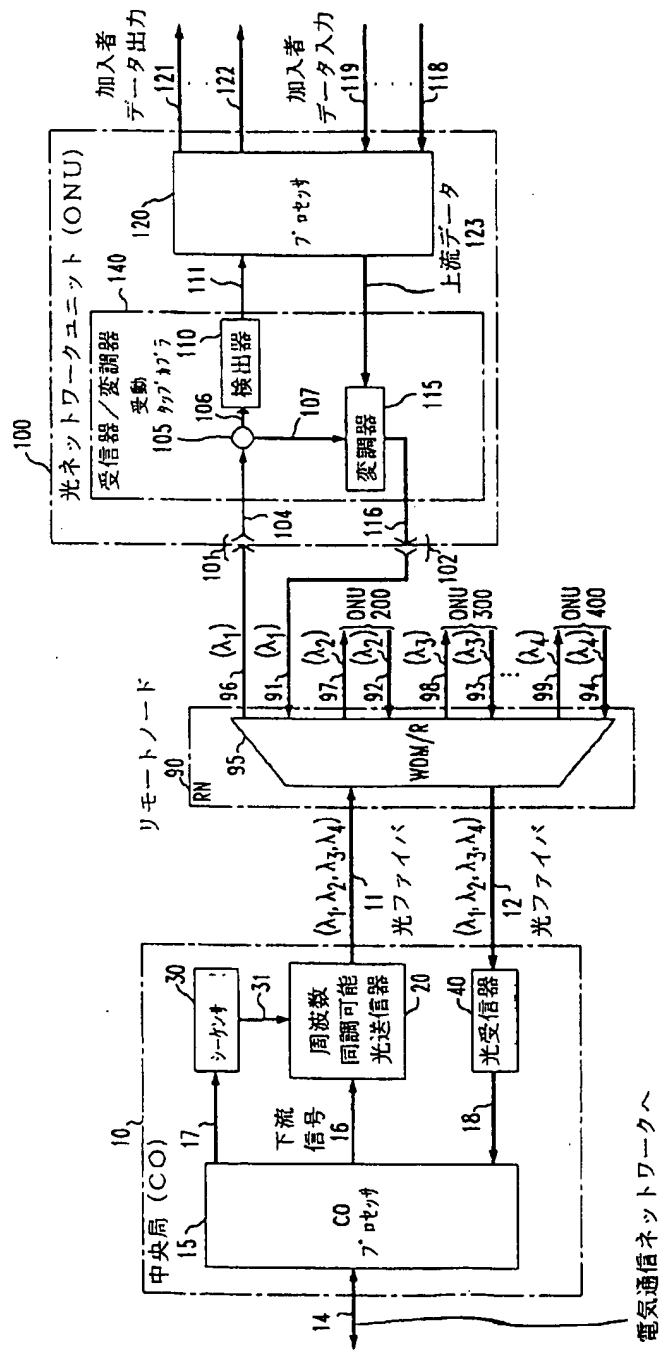
【図3】



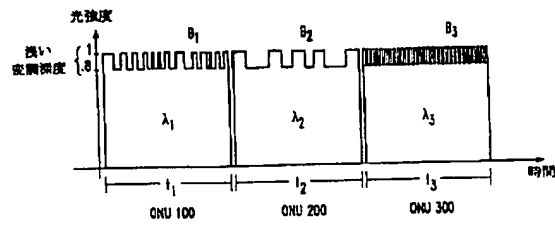
【図5】



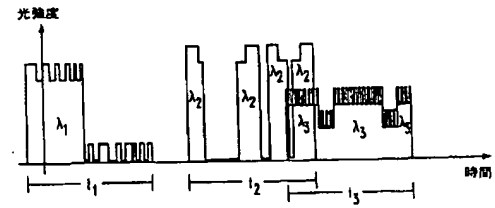
【図1】



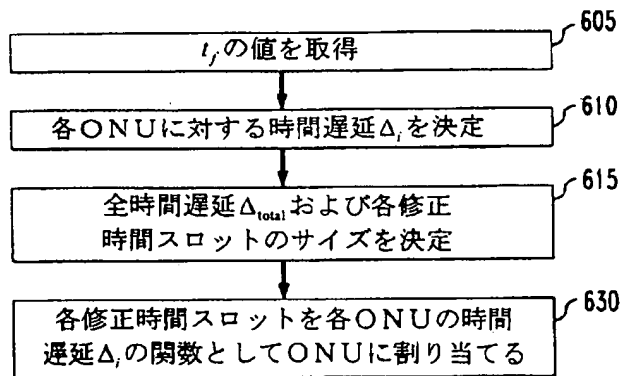
【図4】



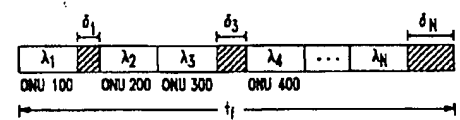
【図6】



【図7】



【図8】



電気通信ネットワークへ

中央局 (CO)

CO プロセッサ 15

17

30

31

32

50

51

56

16

55

20

周波数 同調可能 光送信器

下流 信号

乗算器

14

10

11

12

40

41

45

RF 71MHz パンク

71

72

73

75

85

90

95

96

97

98

99

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

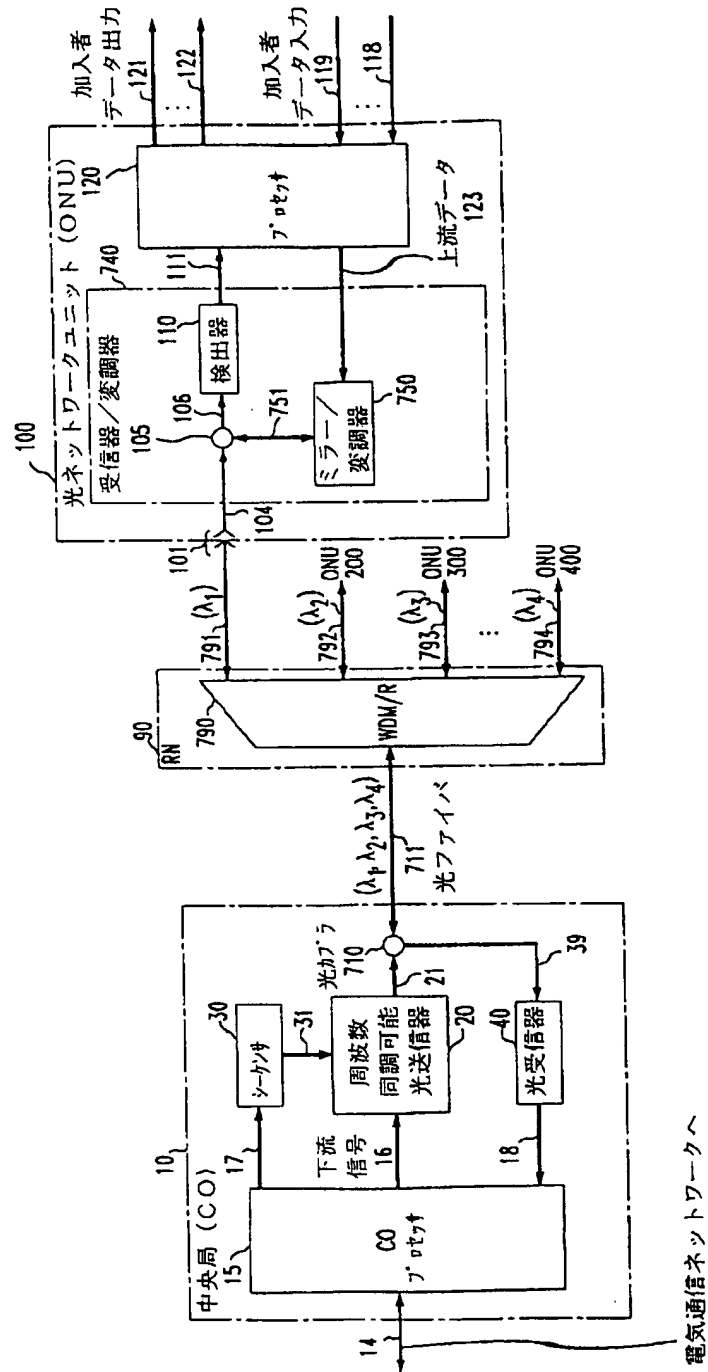
548

549

550

<

【図10】



【図 1 1】

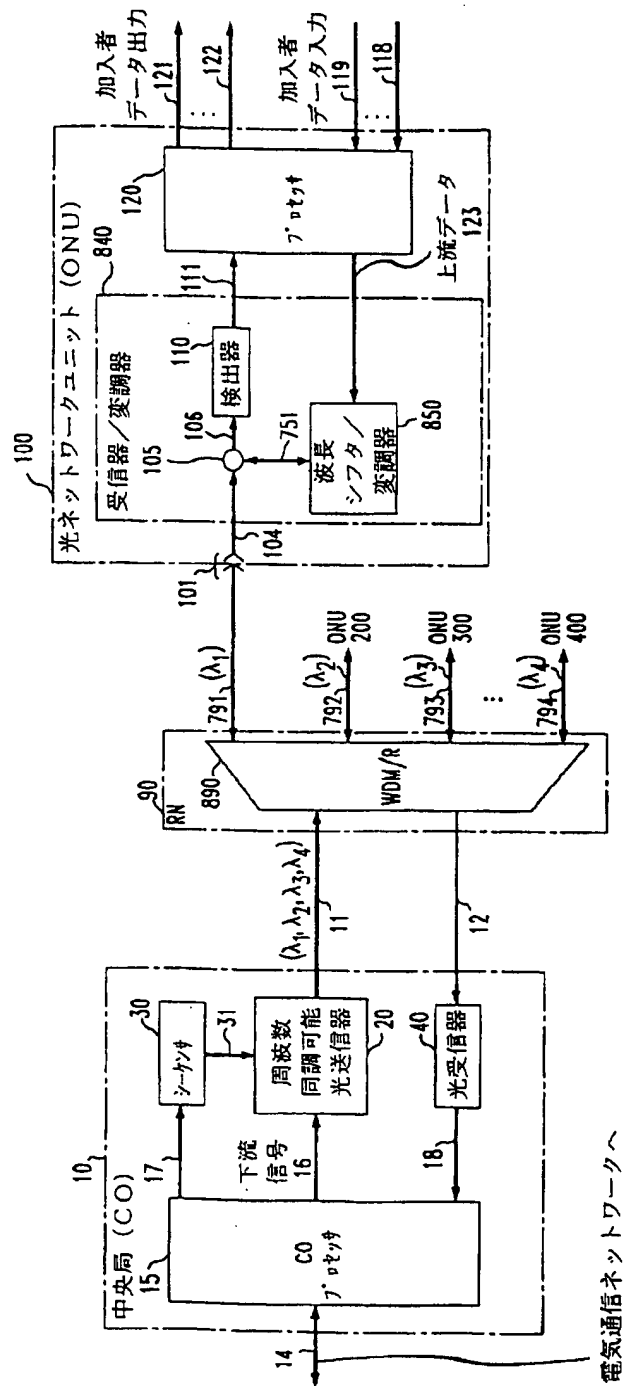




Figure 1 is a block diagram of a network system. The system is divided into three main sections: a Central Office (CO) 10, a Wavelength Division Multiplexer/Router/Bridge (WDM/R/B) 90, and a Network Unit (ONU) 100.

The CO 10 includes a CO Processor 15, a Downstream Signal 16, a Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Transmitter 20, a Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Receiver 40, and a Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Filter 30. The CO Processor 15 is connected to the Downstream Signal 16, which is then connected to the Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Transmitter 20. The Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Transmitter 20 is connected to the Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Receiver 40, which is connected to the Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Filter 30. The Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Filter 30 is connected to the Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Transmitter 20.

The WDM/R/B 90 has multiple input/output ports labeled with wavelengths ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ ) and ONU numbers (200, 300, 400). The WDM/R/B 90 is connected to the CO 10 and the ONU 100.

The ONU 100 includes an Optical Receiver/Modulator 110, a Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Transmitter 120, and a Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Filter 130. The Optical Receiver/Modulator 110 is connected to the Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Transmitter 120, which is connected to the Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Filter 130. The Wavelength Conversion/Modulation/Transmission Possible Optical Filter 130 is connected to the Optical Receiver/Modulator 110.

The system is connected to a CATV Network 980 via a CATV Network Interface 981.

## フロントページの続き

(72)発明者 ニコラス ジェイ. フリゴ  
アメリカ合衆国、07716 ニュージャージー  
ー、アトランティック ハイランズ、エリ  
ー ロード 26

(72)発明者 ピーター ディ. マギル  
アメリカ合衆国、08701 ニュージャージー  
ー、レイクウッド、ロビン ドライブ  
1011

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**